



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

Gestione del magazzino con tecniche basate sull'IoT

Warehouse management with IoT-based techniques

Relatore: **Chiar.mo**

Prof. Bevilacqua Maurizio

Tesi di Laurea di:

Luca Raffaeli

A.A. 2020 / 2021

Sommario

INTRODUZIONE	4
1 CAPITOLO: INTERNET OF THINGS.....	6
1.1 Che cos'è e come funziona l'Internet of Things?	6
1.2 Ambiti di applicazione dell'Internet of Things.....	8
1.3 Smart Manufacturing.....	11
1.3.1 Industria 4.0.....	13
1.3.2 Internet of Things in logistica	18
1.3.3 I vantaggi	23
1.3.4 Come gestire un magazzino automatico	26
1.3.5 Esempi di utilizzo dell'Internet of Things.....	29
2 CAPITOLO: CASO DI STUDIO	32
2.1 Orchestrazione delle risorse nello Smart Warehouse di Alibaba.....	34
2.1.1 Stoccaggio delle merci:.....	36
2.1.2 Prelievo degli ordini:.....	38
2.1.3 Imballaggio degli ordini	42
2.1.4 Analisi del caso di studio.....	44
3 CAPITOLO: CONCLUSIONI	46
4 SITOGRAFIA	48

INTRODUZIONE

La gestione del magazzino è l'atto di organizzare e controllare tutto all'interno del magazzino e assicurarsi che tutto funzioni nel modo più ottimale possibile. Ciò comprende l'organizzazione del magazzino e del suo inventario, avere e mantenere l'attrezzatura appropriata, la gestione delle nuove scorte in arrivo, il prelievo e spedizione degli ordini, e in fine, il monitoraggio e il miglioramento delle prestazioni del magazzino. La maggior parte dei rivenditori utilizzerebbe strumenti di automazione, come una qualunque forma di Warehouse Management System (WMS), per controllare la loro catena di approvvigionamento. Il WMS è un sistema software che ha il compito di supportare la gestione dei flussi fisici che transitano per il magazzino, dal controllo della merce in ingresso alla preparazione delle spedizioni verso i clienti. La logistica, e di conseguenza il suo cuore pulsante, ossia il WMS, sono in costante evoluzione. Per tanto è bene parlare dell'Internet of Things (IoT) e con questo si presuppone l'utilizzo, sempre più massivo, seppur ancora agli albori, di dispositivi collegati in rete capaci di dialogare tra loro e con l'ambiente che lo circonda.



Figura0.1.1: Connettività del WMS

Uno degli ambienti più interessati dalla trasformazione digitale del ciclo produttivo è il magazzino. Questa trasformazione è dovuta soprattutto per via della crescita degli acquisti online, i quali richiedono tempi di consegna brevi, andando a ridisegnare la supply chain dei prodotti di consumo. Di fatto, la possibilità di effettuare acquisti anche dai dispositivi mobili e in qualsiasi momento ha reso la domanda non solo più dinamica ma anche meno prevedibile. Per questo agilità e reattività del magazzino saranno fattori sempre più fondamentali nella competizione dello shopping multicanale, alla luce della crescita prevista nei prossimi anni. Da qui la ricerca di soluzioni sempre più 'intelligenti, come appunto l'introduzione delle tecniche IoT. Ad oggi, i magazzini e le catene di fornitura abilitati all'Internet of Things sono ancora all'inizio ma, tramite alcuni sondaggi, si prevede che la maggior parte dei responsabili della logistica hanno intenzione di aumentare l'utilizzo di tale tecnologia in tempi brevi per creare magazzini intelligenti. Secondo Gartner, una società che si occupa di consulenza strategica, ricerca ed analisi nel campo della tecnologia dell'informazione, gli oggetti connessi nel mondo sono già circa 4,9 miliardi e nei prossimi cinque anni si prevede che arriveranno a 25 miliardi, grazie anche alla spinta del minor costo della tecnologia.

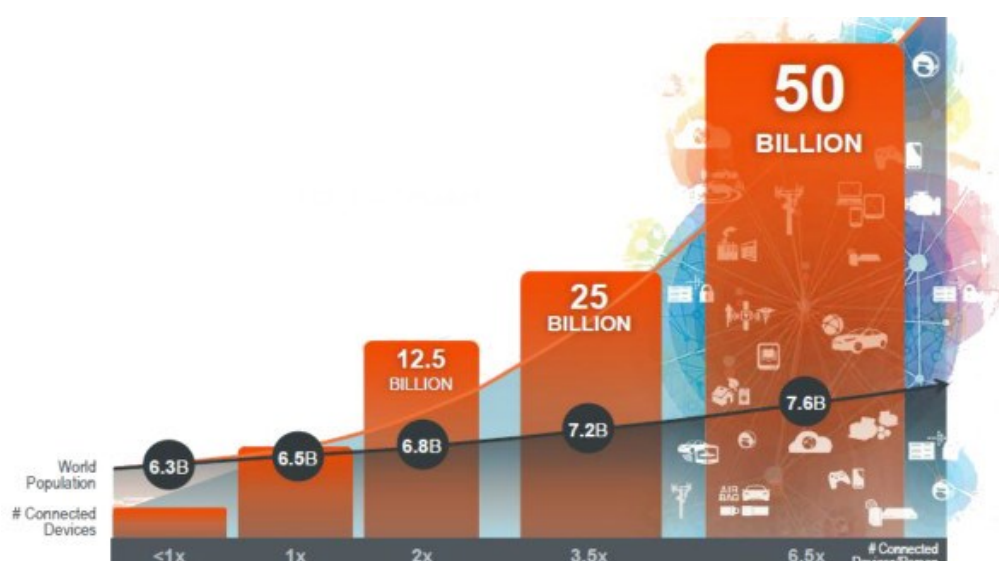


Figura 1: Sviluppo esponenziale degli oggetti connessi

1 CAPITOLO: INTERNET OF THINGS

1.1 Che cos'è e come funziona l'Internet of Thing?

Il termine IoT (Internet of Things), venne utilizzato per la prima volta da Kevin Ashton, ricercatore presso il MIT, Massachusetts Institute of Technology. Questo neologismo è utilizzato in telecomunicazioni, un termine nato dall'esigenza di dare un nome agli oggetti reali connessi ad Internet. Si tratta di oggetti che, collegati alla rete, permettono di “connettere” il mondo reale a quello virtuale.

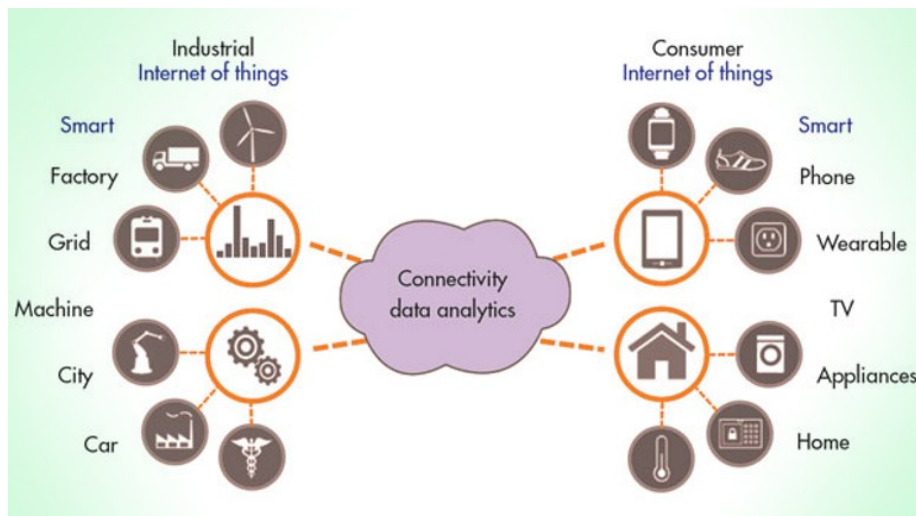


Figura 1.1: Insieme di esempi riguardanti l'utilizzo dell'analisi dei dati

Internet of Things (IoT), nella definizione italiana “Internet delle cose”, scaturisce dalla convergenza tra sensoristica, elaborazione e comunicazione in rete di apparati digitali specializzati pensati per essere impiegati ovunque serva raccogliere ed elaborare informazioni, automatizzare o integrare il funzionamento di dispositivi diversi. Rispetto ai sistemi embedded, di cui raccoglie il testimone, il significato di Internet of Things sviluppa

al massimo livello i concetti della comunicazione in rete per permettere l'interazione tra oggetti, come ad esempio tra apparati di produzione destinati a operare insieme, tra apparati e sistemi aziendali utilizzati per la pianificazione, la sicurezza e la manutenzione. Tale capacità di dialogo consente oggi di avvalersi dei servizi in cloud (spazio di archiviazione personale che risulta essere accessibile in qualsiasi momento ed in ogni luogo utilizzando semplicemente una qualunque connessione ad Internet) per elaborazioni dati sofisticate o per l'inserimento in processi di business complessi. In parole povere dunque l'Internet of Things permette di informatizzare e mettere in rete le "cose", esattamente come personal computer e smartphone hanno fatto con le persone.

IBM, una delle società leader nel settore informatico, fornisce una spiegazione sul funzionamento dell'IoT: *"gli oggetti reali (Things) dotati di sensori sono collegati a una piattaforma Internet, che integra i dati provenienti dai diversi dispositivi e applica l'analisi per condividere le informazioni più preziose con applicazioni create per soddisfare esigenze specifiche. Queste potenti piattaforme IoT possono individuare esattamente quali informazioni sono utili, quali possono essere tranquillamente ignorate, quali informazioni possono essere utilizzate per rilevare schemi, formulare raccomandazioni e rilevare possibili problemi prima che si verifichino"*.

Un sistema IoT è composto da diversi elementi:

- Dell'hardware, cioè, l'elettronica che sia in grado di trasformare grandezze fisiche o azioni umane in "dati informatici";
- un software (normalmente chiamato firmware) che si occupa di comunicare con l'hardware per effettuare la raccolta dei dati;
- una connessione a Internet Wi-Fi o su rete mobile;

- una piattaforma Cloud, cioè una piattaforma di raccolta dati per l'Internet of Things;
- un Client, cioè un'applicazione mobile, o una interfaccia web, da cui consultare i dati raccolti e storicizzati nella piattaforma Cloud, oppure un sistema informatico di terze parti che si integra con la piattaforma IoT;
- una soluzione di Machine Learning, cioè un software che usa i dati raccolti, li analizza e crea delle analisi predittive: un'attività normalmente svolta manualmente dalle persone che, con un sistema per l'Internet of Things, diventa automatica, più rapida ed efficiente, perché avviene in tempo reale e con minor margine di errore;

Oggetti e sistemi intelligenti consentono ad ogni impresa ed attività, grazie alla raccolta ed elaborazione delle informazioni, di automatizzare determinati compiti, in particolare quelli più ripetitivi, banali, o addirittura pericolosi.

1.2 Ambiti di applicazione dell'Internet of Things

Le possibili applicazioni dell'Internet of Things sono pressoché infinite, proprio perché qualsiasi oggetto, se collegato ad una piattaforma IoT, può diventare intelligente e raccogliere informazioni. La potenziale utilità è impossibile da stimare, non essendoci limiti ai possibili campi di applicazione dell'internet delle "cose". Ad oggi, però, gli sforzi e gli investimenti maggiori si concentrano sul campo della domotica, degli impianti di controllo industriale e delle Smart City, anche se, questa nuova tecnologia è destinato ad avere un impatto in tempi brevi in ogni settore. Analizziamo separatamente le applicazioni nelle Smart City, Smart Home e Smart Manufacturing.

Smart City:

La Smart City, o città intelligente, è la città che punta a migliorare la qualità della vita di cittadini, imprese e istituzioni. Grazie all'impiego di nuove tecnologie, IOT in primis, in grado di mettere in relazione le infrastrutture materiali della città con il capitale umano, sociale ed intellettuale di chi la abita. L'internet delle cose, con la propria connettività onnipresente, la capacità di raccogliere, trasmettere ed elaborare grandi moli di dati e la convenienza economica dovuta al basso costo di implementazione e gestione si presta perfettamente all'applicazione su larga scala nelle città intelligenti.



Figura 1.2: Connettività di una città intelligente

Il concetto alla base dell'applicazione dell'IoT nei centri urbani è quello di automatizzare la raccolta di dati critici per la gestione urbana ed elaborarli per prendere decisioni che permettano di migliorare gli aspetti legati alle città. Aspetti come:

- **Qualità della vita:** sensori IoT permettono il monitoraggio costante e più affidabile, rispetto ai metodi attuali, di parametri come la qualità dell'aria e dell'acqua, l'inquinamento acustico, il livello di illuminazione, il riempimento dei raccoglitori di rifiuti e molto altro ancora.

- **Viabilità e trasporti:** con le applicazioni Internet of Things, l'automobilista di domani potrà visualizzare direttamente sul proprio smartphone o sul navigatore dell'auto una mappa real-time dei parcheggi disponibili in città, gli ingorghi e i cantieri sul proprio percorso.
- **Costi di gestione:** nella quasi totalità dei casi, la tecnologia IoT per la smart city, affiancata all'aumento del livello di servizio, comportano una netta riduzione dei costi.

Smart Home:

Smart è sinonimo di “connesso” e di conseguenza, con Smart Home, si parla di casa connessa. Quello che rende “intelligente” un dispositivo all'interno dell'abitazione è dunque la possibilità che esso entri a far parte di una rete domestica, e da questa possa raggiungere ed essere raggiunto dalla rete Internet. Sebbene smart speaker e sistemi per la sicurezza siano le soluzioni più richieste attualmente, l'Internet of Things per la casa riguarda molteplici aspetti della vita domestica, dal comfort al risparmio energetico. I dispositivi intelligenti nell'abitazione possono essere elettrodomestici per il riscaldamento/climatizzazione, per l'illuminazione e per la sicurezza.

Fra i vantaggi di avere una casa intelligente e connessa, al primo posto figura il risparmio energetico, che si trasforma in vantaggio economico. Il controllo automatico e personalizzato del funzionamento di luci, elettrodomestici, condizionatori, termosifoni e altro, in base alle proprie abitudini e alle condizioni ambientali esterne, permette di evitare gli sprechi, utilizzando i vari dispositivi solo in caso di reale bisogno. Smart home significa anche monitorare i consumi in maniera puntuale, tenendo sotto controllo la bolletta energetica.

Il secondo vantaggio è la comodità. Automatizzare l'accensione e la regolazione di luci, tapparelle, riscaldamento e refrigerazione solleva l'utente dal compito di doverse ne ricordare.

1.3 Smart Manufacturing

Il mondo dello Smart Manufacturing è basato su tecnologie, software e componenti hardware che devono integrarsi tra loro per generare le informazioni che permettono all'industria 4.0 di essere competitiva, efficiente e sostenibile. Per poter raggiungere questi livelli occorre un giusto mix tra IoT e Industrial IoT (IIoT).

L'IoT è in continua espansione e diffusione verso più settori, diventando un pilastro fondamentale anche nella gestione della produzione. L'Industrial Internet of Things è l'applicazione del più vasto concetto di IoT ai processi industriali. Esso consiste nell'utilizzo di apparecchiature connesse a Internet e piattaforme di analisi avanzate per l'elaborazione dei dati, che spaziano da piccoli sensori ambientali a robot industriali complessi. Per favorire una rivoluzione industriale che vede protagonista un'industria interconnessa, capace di comunicare, analizzare e utilizzare le informazioni per guidare le azioni necessarie, è molto importante la stretta relazione tra IoT, IIoT e tecniche di produzione avanzate.

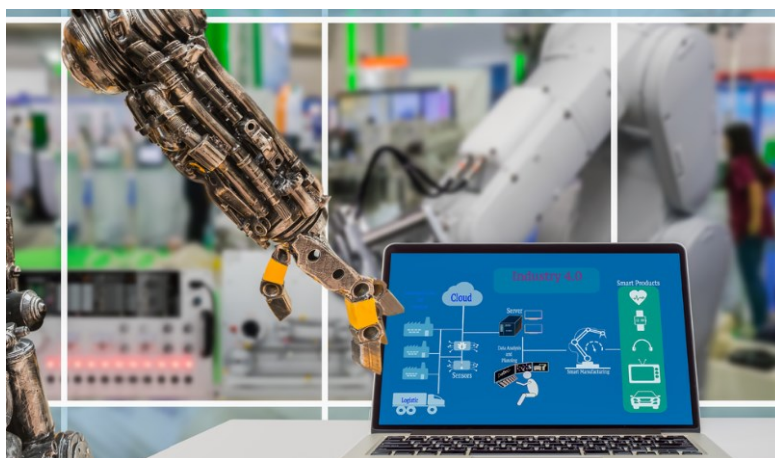


Figura 1.3: manipolazione di un robot industriale connesso in rete

Il beneficio che deriva dall'utilizzo dei sistemi IIoT è rendere disponibile una mole di dati che può rivelarsi cruciale. Se questa nuova tecnologia viene associata alle interfacce di controllo e cloud per l'archiviazione, le aziende sono in grado di gestire e storicizzare i dati in modo agile, accelerando il processo decisionale. Le nuove soluzioni tecnologiche, come i sensori combinati ai sistemi di automazione, modificano e danno vita a processi più coerenti con una qualità del prodotto superiore. Inoltre, le informazioni generate grazie all'IIoT, creano nuove logiche di analisi degli indici di efficienza da applicare alle prestazioni dei processi e con la possibilità di scoprire potenziali problemi.

L'IIoT si presenta all'interno delle aziende attraverso tecnologie e concetti. Queste sono:

- **Digital twin:** grazie ad un modello informatico di processo o di un oggetto si ha la possibilità di comprendere e anticipare il comportamento di una controparte reale. Questo permette grazie a delle accurate previsioni di affrontare eventuali problemi prima ancora che si verifichino. Un esempio di applicazione è quella del tempo atmosferico.
- **Electronic Logging Device (ELD):** sensori di bordo che monitorano la velocità, il tempo alla guida e la frequenza di frenata dei singoli conducenti, contribuendo al risparmio di carburante, al miglioramento della sicurezza del guidatore e alla riduzione delle risorse inattive. Se esegue una manovra pericolosa o rimane al volante troppo a lungo, l'autista viene avvisato e anche il vettore riceve una notifica. Questa tecnologia può sostituire i registri cartacei che gli autisti dovevano precedentemente compilare ogni giorno.

- **Intelligent Edge:** il luogo dove avviene la generazione, analisi, interpretazione e gestione dei dati. L'utilizzo dell'Intelligent Edge consente di accelerare l'analisi con probabilità estremamente più basse che i dati siano intercettati o comunque violati.
- **Manutenzione predittiva:** un sistema che comprende macchine o componenti dotati di sensori che raccolgono e trasmettono i dati per poi analizzarli e archivarli in un database, il quale fornisce quindi punti di confronto per gli eventi nel momento in cui si verificano. Il sistema elimina la manutenzione inutile e aumenta la probabilità di evitare guasti.

1.3.1 Industria 4.0

In precedenza abbiamo utilizzato il termine *Industria 4.0*, ma quale è il suo significato? Esso indica una tendenza delle aziende all'automatizzazione, cioè all'integrazione di alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti.

Industria 4.0, prende il nome dall'iniziativa europea "Industry 4.0", a sua volta ispirata ad un progetto del governo tedesco. Nello specifico la paternità del termine tedesco "Industrie 4.0" viene attribuita a Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster che lo impiegarono per la prima volta in una comunicazione, tenuta alla Fiera di Hannover del 2011, in cui preannunciarono lo "Zukunftsprojekt Industrie 4.0". Concretizzato alla fine del 2013, il progetto per l'industria del futuro Industrie 4.0, prevedeva investimenti su infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende per ammodernare il sistema produttivo tedesco e riportare la manifattura tedesca ai vertici mondiali rendendola competitiva a livello globale.

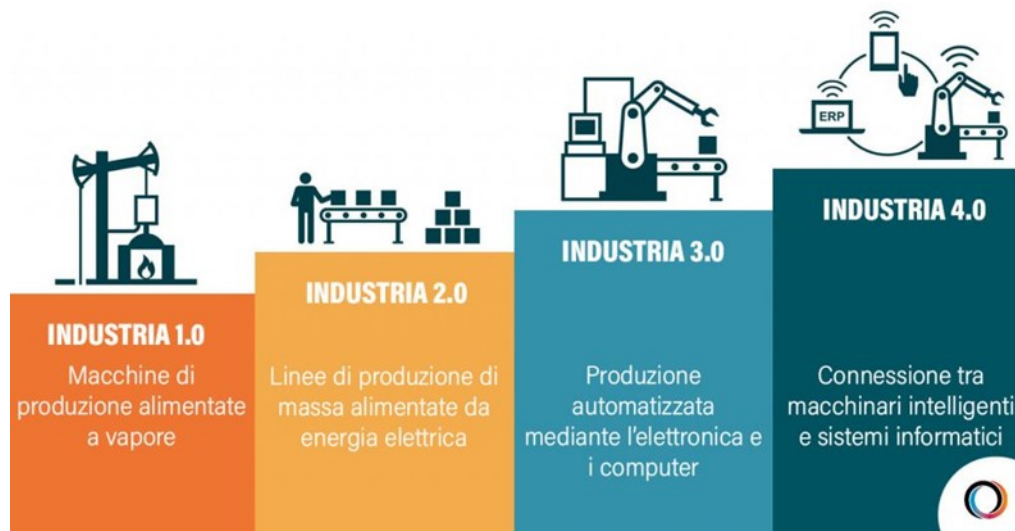


Figura 1.6: Le 4 rivoluzioni industriali

Dalla ricerca “The Future of the Jobs” presentata al World Economic Forum è emerso che, nei prossimi anni, fattori tecnologici e demografici influenzeranno profondamente l’evoluzione del lavoro. Alcuni, come l’utilizzo del cloud e la flessibilizzazione del lavoro, hanno iniziato ad influenzare le dinamiche già a partire dal 2016. Secondo tale studio l’effetto sarà la creazione di 2 milioni di nuovi posti di lavoro, ma contemporaneamente ne spariranno 7, con un saldo netto negativo di ben oltre 5 milioni di posti di lavoro. L’Italia ne uscirà con un pareggio (200 000 posti creati e altrettanti persi), meglio di altri paesi come Francia e Germania ad esempio. A livello di gruppi professionali, le perdite si concentreranno soprattutto nelle aree amministrative e della produzione: rispettivamente 4,8 e 1,6 milioni di posti eliminati. Inoltre, sempre secondo questa ricerca, compenseranno parzialmente queste perdite l’area finanziaria, il management, l’informatica e l’ingegneria; cambiano di conseguenza le competenze e abilità ricercate: nel 2020 il problem solving rimarrà la competenza non specifica più ricercata, e parallelamente, diventeranno più importanti il pensiero critico e la creatività.

L'Industria 4.0 passa per il concetto di *smart factory* che si compone principalmente di 3 parti:

- **Smart production:** nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione, ovvero collaborazione tra operatore, macchine e strumenti;
- **Smart service:** tutte le “infrastrutture informatiche” e tecniche che permettono di integrare i sistemi; ma anche tutte le strutture che permettono, in modo collaborativo, di integrare le aziende tra loro e con le strutture esterne;
- **Smart energy:** tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia secondo i paradigmi tipici dell'energia sostenibile.

La chiave di volta dell'Industria 4.0 sono i *sistemi ciberfisici* (CPS) ovvero sistemi fisici che sono strettamente connessi con i sistemi informatici e che possono interagire e collaborare con altri loro simili. Questo sta alla base della decentralizzazione e della collaborazione tra apparati, che è strettamente connessa con il concetto di Industria 4.0.

Da uno studio di Boston Consulting Group (multinazionale statunitense che si occupa di consulenza strategica) è emerso inoltre, che la quarta rivoluzione industriale si centra sull'adozione di alcune tecnologie definite “abilitanti”, dove alcune di queste sono “vecchie” conoscenze, concetti già presenti ma che non hanno mai sfondato il muro della divisione tra ricerca applicata e sistemi di produzione veri e propri. Oggi, invece, grazie all'interconnessione e alla collaborazione tra sistemi, il panorama del mercato globale sta cambiando portando alla personalizzazione di massa, diventando così di interesse per l'intero settore manifatturiero.

Le 9 tecnologie abilitanti definite da Boston Consulting Group sono:

- **Advanced manufacturing solution:** sistemi avanzati di produzione, ovvero sistemi interconnessi e modulari che permettono flessibilità ed ottime performance. In queste tecnologie rientrano i sistemi di movimentazione dei materiali automatici e tutta la parte relativa alla robotica avanzata, che oggi entra sul mercato con i robot collaborativi, detti anche cobot;
- **Additive manufacturing:** sistemi di produzione additiva che aumentano l'efficienza dell'uso dei materiali;
- **Realtà aumentata:** sistemi di visione con realtà aumentata utilizzati per guidare meglio gli operatori nello svolgimento delle attività quotidiane;
- **Simulazioni:** simulazione tra macchine interconnesse per ottimizzare i processi;
- **Integrazione orizzontale e verticale:** integrazione e scambio di informazioni in orizzontale e in verticale, che avviene tra tutti gli attori del processo produttivo;
- **Industrial internet:** la comunicazione tra elementi della produzione avviene non solo all'interno dell'azienda, ma anche all'esterno grazie all'utilizzo di internet;
- **Cloud:** implementazione di tutte le tecnologie cloud come l'archiviazione online delle informazioni, l'uso del cloud computing, e di servizi esterni di analisi dati, ecc. Nel cloud sono contemplate anche le tecniche di gestione di grandissime quantità di dati attraverso sistemi aperti;
- **Sicurezza informatica:** l'aumento delle interconnessioni interne ed esterne aprono la porta a tutta la tematica della sicurezza delle informazioni e dei sistemi che non devono essere alterati dall'esterno;
- **Big Data Analytics:** tecniche di gestione di grandissime quantità di dati attraverso sistemi aperti che permettono previsioni o predizioni.

L'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano fornisce un'ulteriore classificazione di 6 tecnologie abilitanti, le cosiddette "tecnologie intelligenti", raggruppandole in due grandi sotto insiemi di tecnologie digitali innovative, **le tecnologie dell'informazione (IT)** e **le tecnologie operazionali (OT)**.

Rientrano nel primo gruppo:

- **Industrial Internet of Things:** tecnologie che si basano sui smart objects e sulle reti intelligenti;
- **Industrial Analytics:** tecnologie in grado di sfruttare le informazioni celate all'interno dei big data;
- **Cloud Manufacturing:** non è altro che l'applicazione in ambito manifatturiero del cloud computing.

Rientrano invece nel secondo gruppo:

- **Advanced Automation:** tecnologie affini alla robotica, con riferimento ai più recenti sistemi di produzione automatizzati;
- **Advanced Human Machine Interface:** dispositivi indossabili e nuove interfacce uomo/macchina;
- **Additive Manufacturing:** categoria di tecnologie affine a quanto già individuato da Boston Consulting Group.

In conclusione, prendendo in considerazione quanto stimato da Federmeccanica nel 2016, l'adozione delle tecnologie abilitanti dovrebbe contribuire alla riduzione del time to market e dei costi di personalizzazione dell'offerta, con ulteriori benefici in termini di produttività dei fattori e informazioni disponibili sui vari processi di produzione.

1.3.2 Internet of Things in logistica

La gestione della logistica richiede il monitoraggio di più attività contemporaneamente: catena di approvvigionamento, magazzino e così via. Esistono dozzine di fattori che possono influenzare il processo stesso e causare ritardi. Per semplificare i processi e aumentare la soddisfazione dei clienti, i responsabili della logistica dovrebbero abbracciare le innovazioni che l'Internet of Things ha da offrire.

Il Warehouse Management, ovvero la gestione del magazzino, è il processo mediante il quale l'inventario viene ricevuto, tracciato, organizzato, inviato, analizzato e previsto in tutto il magazzino. Man mano che l'attività di un'azienda cresce e di conseguenza il suo inventario cresce, aumenta la complessità della gestione di un inventario di merci in continua evoluzione. Nell'era online in cui le richieste, gli adempimenti, le spedizioni in entrata e in uscita avvengono più velocemente che mai, l'IoT ha la capacità di rispondere alla pressante esigenza di un maggiore controllo e visibilità sull'attività di inventario del magazzino.

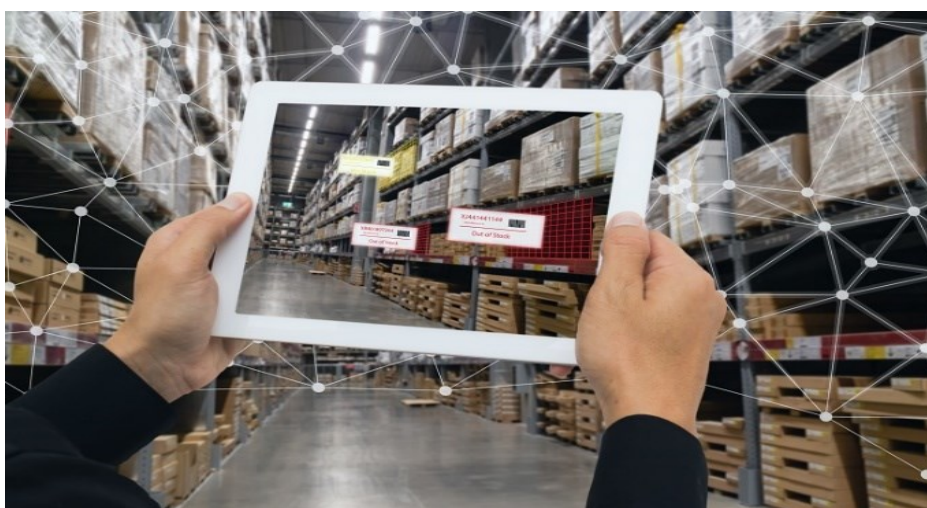


Figura 1.7: connettività di un magazzino intelligente

Di norma, le aziende implementano l'Internet of Things nella logistica con i seguenti obiettivi:

- 1. Migliorare la sicurezza e il rilevamento dei furti:** le applicazioni connesse aumentano il controllo su chi entra nel magazzino in un dato momento, aiutano a tenere traccia di tutti gli articoli e avvisano il responsabile aziendale nel caso in cui qualcosa vada perduto.
- 2. Maggiore sicurezza dei dipendenti:** macchinari inaffidabili mettono in pericolo la vita del personale aziendale. Con l'utilizzo delle tecnologie IoT nella logistica si include la protezione dei dipendenti, rilevando i problemi delle apparecchiature molto prima che un operatore interagisca con una macchina malfunzionante.
- 3. Monitoraggio del prodotto end-to-end:** Con l'implementazione delle tecnologie IoT si vuol andare ad aumentare la trasparenza del processo di consegna. In poche parole si vuole monitorare il percorso del prodotto, dal magazzino fino al momento in cui arriva al cliente, in modo da aumentare la sua fiducia.
- 4. Fornire ai manager aziendali analisi avanzate:** l'Internet of Things, una volta che ha raccolto i dati dai sensori, fornisce delle informazioni ai manager aziendali come, per esempio, il numero degli articoli disponibili in magazzino, l'efficienza dei dipendenti, lo stato delle consegne e così via.
- 5. Miglioramento della consegna:** attraverso queste nuove tecnologie basate sull'IoT, i responsabili della logistica possono ottenere dati sulla posizione in tempo reale, in modo da fornire rapidamente informazioni su una possibile variazione della consegna.

La logistica del magazzino nell'era del “4.0” vanta di notevoli tecnologie per raggiungere gli obiettivi citati precedentemente, come: rulli trasportatori, robot che maneggiano e spostano oggetti, sistemi a raggi laser, sensori, etichette che racchiudono chip, computer e software che controllano e muovono tutti gli “attori in scena”. Il magazzino automatico è popolato di oggetti che raccolgono, inviano, ricevono e analizzano dati, creando giorno dopo giorno una conoscenza utile per capire se il meccanismo sia perfetto o difettoso. In altre parole, strumenti che permettono di velocizzare le operazioni, abbattere il tasso di errore, ridurre i costi e fare Business Intelligence applicata alla logistica grazie alle analisi dei dati prodotti da macchine e sensori. Di automazione del magazzino si parla, in realtà, da molti anni, però solo recentemente le tecnologie robotiche si sono fuse con l'informatica, con sistemi di analisi e reti di trasporto dati. L'esempio da manuale è quello di Amazon, dove in alcuni dei suoi centri di distribuzione l'uso della robotica è spinto all'estremo e ciò che si vede assomiglia a una coreografia di macchine di vario tipo, perfettamente sincronizzate per trasportare e consegnare merce al personale o direttamente sui camion addetti alla spedizione. I principali strumenti e sistemi di movimentazione della logistica di un magazzino intelligente sono: AGV (Automated Guided Vehicle), trasloelevatore, sensori IoT, dispositivi indossabili, RFID (Radio Frequency Identification), droni, WMS (Warehouse Management System), Big Data e, in fine, il Cloud.

Gli AGV presentano una grande varietà di forme, dimensioni e tecnologie di guida senza conducente, infatti, possono orientarsi grazie a sensori che forniscono informazioni sulla traiettoria da seguire, sui punti di partenza e di arrivo. Alcuni AGV sono dotati di sensori ottici, grazie ai quali possono seguire il tracciato di una striscia luminescente posta a terra ed eventualmente di leggere informazioni da codici a barre posizionati lungo il percorso nei punti in cui è necessario prendere una “decisione”, svoltare a destra o sinistra o girare intorno

a un oggetto, o semplicemente fermarsi. I veicoli con sensori magnetici, invece, si orientano seguendo riferimenti magnetici posti nella pavimentazione. Anche in questo caso è possibile posizionare dei marcatori che trasmettono particolari istruzioni in corrispondenza di bivi, ostacoli o punti di arrivo. Una terza tipologia di AGV è quella dotata di sensori Gls (Grid Localization Sensor), che permettono al veicolo di riconoscere la posizione in cui si trovano leggendo dei codici posizionati sul pavimento.

Il trasloelevatore percorre i magazzini verticali in tutta la loro altezza e profondità. Questi robot sono costituiti da un telaio mobile che si sposta lungo una colonna verticale per raggiungere anche le scaffalature poste più in alto.

I sensori contribuiscono alla sicurezza del magazzino e del personale. Quelli perimetrali e di movimento funzionano da antiurto, mentre i sensori wireless possono essere inseriti in piccoli dispositivi ricevitori, che si collegano a smartphone e bracciali Smart, che sono a tutti gli effetti degli oggetti IoT, connessi tramite rete Wi-Fi, rete mobile o Bluetooth. La logistica del magazzino passa quindi anche dai sensori wireless, utili ad esempio per registrare le attività dei magazzinieri, assicurare la loro corretta distribuzione tra i reparti e controllare i loro livelli di stanchezza.

I dispositivi indossabili come quelli da polso, che rilevano il battito cardiaco o i passi fatti, possono essere uno strumento di tutela della sicurezza del personale. Oppure possono essere indossabili come degli occhiali, cioè i visori di realtà aumentata, i quali possono impartire istruzioni e dare supporto in alcune procedure. Il tutto funziona in tempo reale.

L'RFID è una tecnologia piuttosto recente per l'identificazione automatica delle merci che si basa sull'utilizzo di campi elettromagnetici in radio frequenza generati dai Tag RFID che

vengono attaccati sulle merci che si desiderano riconoscere, e da un sistema di lettura/scrittura dei Tag stessi.



Figura 1.8: Informazioni relative al tempo di prelievo dell'ordine ricevute tramite la tecnologia TAG RFID.

Ancora poco usati in ambito logistico, i droni hanno grandi potenzialità e non solo per le consegne, come nella sperimentazione di Amazon, ma anche per prelevare e spostare merce. A orientarli c'è il Gps o, per una maggiore precisione in ambienti indoor, sistemi Lidar che usano i raggi laser per determinare la distanza da un oggetto.

I software gestionali sono un ingrediente indispensabile nella logistica del magazzino e ne esistono di molti tipi, più o meno dotati di funzioni e personalizzabili a seconda delle esigenze. Servono a tenere traccia delle operazioni e dei costi, a gestire l'incastro dei processi logistici, a fare inventario, a controllare ciò che entra ed esce dal magazzino e gli esiti delle spedizioni.

I software di Analytics e Big Data si stanno facendo strada anche nella logistica, permettendo di affiancare alle attività di gestione contingente delle capacità di pianificazione e definizione di strategie. Gli Analytics fatti sui dati "interni" del magazzino, come

produzione, inventario, vendite, prezzi, possono integrarsi con fonti esterne, per esempio i dati di andamento della domanda/offerta di una categoria di prodotto. Quindi gli Analytics, ovvero algoritmi di apprendimento automatico, possono elaborare previsioni, per esempio sui livelli di domanda di uno specifico prodotto, e dunque dare indicazioni strategiche al reparto produzione o alla divisione vendite.

Accanto a IoT si trova sempre il Cloud Computing. In parole semplici, si tratta della distribuzione di servizi di calcolo, come server, risorse di archiviazione, database, rete, software, analisi, business intelligence e altri ancora. La vera energia di un'impresa è riconducibile all'acquisizione, l'elaborazione e la condivisione di dati. Oggi ogni processo aziendale, iniziando dalla logistica e passando attraverso la produzione, manutenzione, e stoccaggio, dipende dall'elaborazione dei dati. Il Cloud Computing con le sue caratteristiche come scalabilità, elasticità, potenza ed economicità, sta senza dubbio dando una forte spinta allo sviluppo dell'IoT. L'Internet of Things e la sua capacità di generare grandi quantità di dati è senza dubbio l'aspetto principale che rende decisamente interessante la sua unione con il Cloud Computing ma anche tra Big Data e Analytics. È quindi ovvio come l'IoT vada a braccetto con la versatilità e potenza del Cloud.

1.3.3 I vantaggi

I vantaggi dell'Internet of Things nella logistica si riflettono nel risparmio di tempo e costi, nell'eliminazione degli errori e nella soddisfazione del cliente. L'IoT genera infinite possibilità, come per esempio, accoppiando i sistemi di localizzazione in tempo reale con i dispositivi mobili wireless consentono la piena visibilità delle merci lungo l'intera catena di fornitura, dall'uscita del fornitore alla consegna al cliente, aumentando così il valore della propria offerta.

L'efficienza ottenuta dall'integrazione di GPS, sensori intelligenti, applicazioni mobili e dispositivi indossabili ottimizza l'utilizzo delle risorse, automatizza i processi, garantisce un controllo immediato dell'inventario, riduce le perdite dovute ai danni alle merci e migliora i tempi di consegna per offrire una maggiore produttività e, quindi, redditività alle aziende.

L'adozione dell'IoT nel magazzino ha diversi vantaggi e forse questo è il motivo per cui grandi colossi come Amazon, Alibaba, DHL lo stanno già utilizzando pesantemente nella gestione del loro inventario e della logistica.

Gli attuali responsabili della catena di fornitura e gestori di magazzino devono incorporare l'IoT nel loro magazzino per rimanere a galla in questo mercato competitivo. I principali vantaggi sono:

- **Servire i clienti in modo più veloce e accurato ogni volta:** Come accennato in precedenza, l'IoT consente di monitorare la posizione dei prodotti con accuratezza e in tempo reale, quindi di conseguenza, li rende facilmente recuperabile. IoT e robotica vanno di pari passo, quindi una volta individuato il prodotto sullo scaffale, i robot possono essere utilizzati per accedervi e trasportarli alla stazione di consegna nel magazzino.
- **Aumenta la produttività dei dipendenti:** L'IoT aiuta il personale a stabilire le priorità delle attività e ad identificare i pacchetti giusti. Inoltre, i dispositivi IoT sono intelligenti e precisi, quindi un membro del personale trascorre meno tempo ad accedere ai prodotti ordinati. Ciò offre inoltre a un dipendente più tempo da dedicare al completamento delle attività manuali e all'elaborazione di più ordini nel tempo risparmiato utilizzando IoT e robot. Un altro ottimo modo, in cui l'Internet of Things e la robotica aiutano i dipendenti è fornire loro sicurezza contro lesioni

fisiche. Poiché la maggior parte della navigazione e del recupero dei prodotti viene eseguita con l'uso della tecnologia, i dipendenti si sentono al sicuro e quindi aumenta la loro produttività.

- **Aiuta a prevenire danni e deterioramento delle merci:** Con i dispositivi IoT, si può tracciare e regolare automaticamente la temperatura, la pressione atmosferica, l'umidità all'interno di un magazzino e, quindi, aiutare ad eliminare ogni possibilità che i prodotti vengano danneggiati.
- **Gestione efficace delle prestazioni del magazzino:** Un responsabile del magazzino è a conoscenza di ogni singolo articolo nel magazzino e della sua esatta quantità con l'aiuto di sensori e dati che salvano nel sistema. Molti fattori, come per esempio, la consapevolezza del numero di ogni articolo, la loro precisa posizione, avvisi di scorte insufficienti, notifiche di prodotti fuori posto, consentono una gestione efficace delle scorte e il miglioramento delle prestazioni dei magazzini.
- **Limita la carenza di personale nel magazzino:** Uno dei maggiori vantaggi dell'utilizzo dell'IoT o di qualsiasi altra tecnologia è che può automatizzare facilmente attività complesse senza sforzo. Trovare del personale qualificato è sempre una sfida che richiede molto tempo, ma ne richiede altrettanto anche la formazione di un nuovo membro. In questi tempi, le tecnologie intelligenti tornano utili ed eliminano anche le possibilità di errori umani, migliorando quindi le prestazioni complessive del magazzino.

1.3.4 Come gestire un magazzino automatico

Sapere come gestire un magazzino automatico è un passaggio obbligatorio per avere successo nell'era della “logistica 4.0”: un'evoluzione che ha aperto le porte a veicoli e robot, incaricati di spostare e maneggiare la merce, e a sensori, connettività Internet of Things, computer, software gestionali e di analisi dei dati. Anche in un contesto 4.0 bisogna evitare sprechi e rotture di stock, assicurare consegne puntuali, contenere le spese, rispettare gli standard di qualità e le normative.

Nella strategia per gestire un magazzino automatico si dovrà considerare gli aspetti materiali come gli spazi, la merce, gli strumenti, le risorse umane, la componente tecnologica, ma anche i beni immateriali, come i software e i dati. Ecco alcuni passi da seguire per una buona gestione:

1. ORGANIZZARE LO SPAZIO:

Nel magazzino lo spazio è una risorsa da organizzare in funzione di molte variabili: ingombro dei prodotti, flussi e tempi di produzione, domanda, deperibilità e altro ancora. Oggi però è possibile moltiplicare la capacità a parità di metratura grazie ai magazzini verticali, in cui tutto è comunque a “portata di mano” grazie a sistemi di stoccaggio automatico dei pallet come i trasloelevatori, che possono arrivare ad altezze proibitive per un magazziniere. Un layout di questo tipo è più ottimizzato e può far risparmiare spazio e quindi costi di energia e affitto, ma richiede alcuni accorgimenti. Potrebbe essere una buona idea collocare al piano terra i prodotti più venduti e a maggior frequenza di ingresso/uscita, oppure adottare una struttura a colonne, dove ogni colonna contiene lo stesso articolo, che

di conseguenza può essere reperito sia da uno scaffale basso sia da uno alto. Tenere al piano terra un inventario fisico di tutta l'offerta, inoltre, velocizza le operazioni di verifica sui dettagli di prodotto.

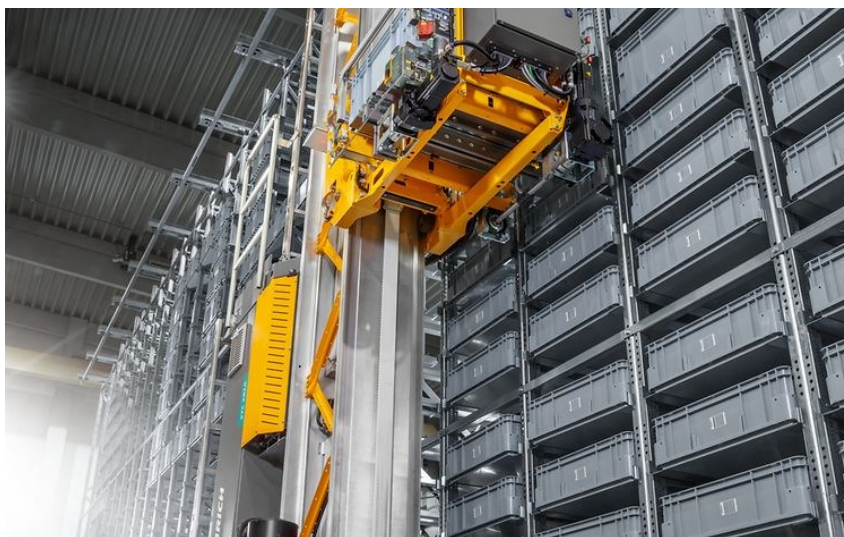


Figura 1.9: Magazzino verticale con trasloelevatori

2. SCELTA DEGLI ASPETTI “MATERIALI”:

Il panorama degli strumenti per la movimentazione della merce è ormai amplissimo, tra carrelli elevatori, AGV, rulli trasportatori, scaffalature mobili. Oltre a dover scegliere l'apparecchiatura adatta alle proprie esigenze, bisogna capire quante macchine servano realmente. Per questo, potrebbe essere utile dividere il magazzino in reparti e dedicare un certo numero di risorse a ciascuno di essi. Inoltre, si dovrà valutare la produttività delle macchine, calcolando i volumi di merce che possono trattare in un certo tempo e il numero massimo di ore di “lavoro” quotidiane, settimanali o mensili. Bisogna considerare eventualmente strumenti “H24”, come alcuni AGV, e quali processi destinare alle ore notturne per non interferire con altre attività. Un altro strumento salvatempo sono i sistemi

di movimentazione che abbiano funzione di smistatori automatici. In fine, è bene considerare sistemi di etichettatura, lettura e riconoscimento degli articoli, come per esempio le pistole a radiofrequenza, i Tag RFID e i più nuovi sistemi a comandi vocali, con cui si può lavorare a mani libere. Tutte queste soluzioni riducono i tempi delle operazioni e il margine di errore, perché in fase di spedizione, per esempio, non si rischia di scambiare un articolo per un altro. Altro vantaggio è quello di poter acquisire dati in forma digitale, dunque di archivarli e analizzarli in modo preciso, permanente, veloce.

3. SCELTA DEGLI STRUMENTI “IMMATERIALI”:

Un software di gestione del magazzino (Warehouse Management System, WMS) tiene sotto controllo processi, merci e informazioni. Monitora gli articoli in entrata e uscita, prepara gli ordini e le spedizioni, pianifica le attività da svolgere in precisi momenti del giorno, settimana o mese, registra i movimenti, il picking, la ricezione, la rotazione, la quantità di scorte e altro ancora. I principali Software utilizzati permettono di prevedere le esigenze di produzione e approvvigionamento. Quelli di Material Requirements Planning (MRP) aiutano a pianificare attività come produzione, utilizzo dei macchinari e impiego di risorse umane, oltre che a condurre analisi di marketing. Altri programmi si occupano degli inventari, ovvero, possono tracciare migliaia di articoli, avvisano quando le scorte stanno terminando ed è necessario riassortire, o viceversa, suggeriscono di limitare lo stoccaggio. Strumenti di questo tipo sono molto utili per risparmiare sui costi inutili, a migliorare il servizio al cliente e a tenere sotto controllo i movimenti e le risorse del magazzino.

4. USARE I DATI PER MIGLIORARE:

Scovare inefficienze ed errori di strategia è più facile grazie agli strumenti 4.0. Se ogni oggetto e ogni processo vengono registrati in forma digitale, si ottengono livelli di visibilità e controllo impensabili senza l'utilizzo di queste nuove tecnologie. Più grande e differenziata è l'attività, più la complessità aumenta e più le soluzioni di monitoraggio e di Analytics diventano strategiche. Dall'analisi dei dati raccolti con sensori, etichette RFID, AGV e altro ancora, è possibile ottenere delle informazioni molto importanti per trovare eventuali problemi che si possono presentare. Una volta trovati i difetti nel flusso di lavoro, si potrà intervenire, per esempio, aumentando o diminuendo la produzione, aggiornando l'inventario, assegnando più o meno macchine e persone a un certo reparto, e così via. In contesti particolarmente complessi può fare la differenza l'uso di software di apprendimento automatico (machine learning), che analizzano i dati della logistica per produrre suggerimenti su possibili ottimizzazioni.

1.3.5 Esempi di utilizzo dell'Internet of Things

Quando si implementano soluzioni IoT nei magazzini, è giusto, o per lo meno è consigliabile, prendere in considerazione l'idea di seguire le indicazioni dei leader del settore che hanno già lanciato applicazioni connesse. Ecco i casi migliori di adozione globale dell'IoT:

- **AMAZON:** Amazon ha recentemente lanciato un magazzino semiautomatico, dove i robot lavorano a fianco dei dipendenti umani. Le attività di base, come spostare i pacchi o scansionare i codici a barre, sono affidate alla tecnologia. Lo smistamento di pacchi e lo spostamento di oggetti di forme complesse fa ancora parte del lavoro

umano. Il magazzino automatizzato di Amazon impiega oltre 400 robot e centinaia di dipendenti umani, nessuno dei due è a corto di attività da svolgere.

- **ALIBABA:** Per affrontare i colli di bottiglia durante il "Giorno dei single", la festa dello shopping globale dell'azienda, Alibaba ha lanciato un magazzino completamente robotico nel 2018. Ci sono oltre 700 robot guidati progettati per trasportare i pacchi in tutto il luogo e consegnare le merci ai camion di consegna. Secondo il presidente del gigante dell'e-commerce, l'automazione completa di un magazzino ha contribuito a risparmiare un molto tempo e ha garantito consegne di prodotti più veloci e prive di errori.
- **OCADO:** Un popolare negozio di alimentari britannico solo online utilizza la connettività per automatizzare l'attività di base del magazzino. L'azienda utilizza semplici bot per automatizzare le attività di base: spostare le merci e sollevarle. Per l'azienda, utilizzare lo spazio in modo efficiente è una priorità assoluta. Ecco perché lo sviluppo di algoritmi in grado di sollevare scatole più in alto di quanto un essere umano è capace di fare è stata la priorità di Ocado. L'inventario elabora oltre 60.000 ordini a settimana ed è attivo 24 ore su 24, 7 giorni su 7.
- **DHL:** DHL ha sperimentato una serie di innovazioni nei suoi magazzini. L'azienda utilizza occhiali intelligenti, robot, droni, veicoli autonomi e così via. Con un supporto visivo costante, è più facile per un lavoratore identificare i prodotti e smistare i pacchi. Di recente, DHL ha collaborato con Cisco per creare una piattaforma in grado di monitorare le attività della catena di approvvigionamento in tempo reale: il progetto è ancora in fase di sviluppo.

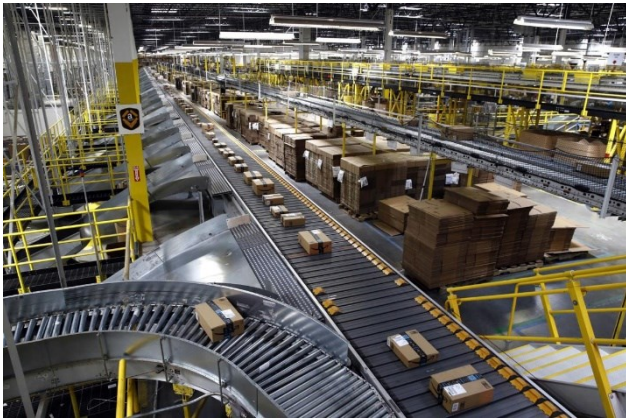


Figura 1.10: magazzino intelligente di Amazon



Figura 1.11: movimentazione all'interno del magazzino intelligente di Alibaba con utilizzo di robot AGV



Figura 1.12: magazzino automatico di Ocado



Figura 1.13: Pick and place con un robot nel magazzino intelligente di DHL

2 **CAPITOLO: CASO DI STUDIO**

Con questo caso di studio si mira a capire come gestire la tecnologia, le persone e i processi di intelligenza artificiale (IA) per creare valore con successo. A tal fine, la prospettiva della gestione delle risorse offre concetti teorici utili per analizzare come le risorse tecnologiche, umane e organizzative possono essere organizzate per portare a una maggiore efficienza ed efficacia.

In poche parole, la domanda di ricerca affrontata in questo studio è: *“In che modo è possibile gestire le risorse, le capacità e le interazioni relative all'intelligenza artificiale per ottenere risultati preziosi nelle applicazioni di IA?”*

Considerando che le applicazioni di successo dell'IA nelle aziende sono ancora rare, ho preso in considerazione un caso di studio dello Smart Warehouse di Alibaba, uno dei principali centri logistici dell'e-commerce in Cina. Un centro logistico è un tipo di magazzino in cui vengono ricevuti, elaborati ed evasi gli ordini. La gestione del magazzino è stata una componente fondamentale della logistica e della gestione della catena di approvvigionamento a causa della sua significativa influenza sul tempo e sui costi di manodopera complessivi. I problemi principali nella gestione di un magazzino includono vincoli di spazio, carenza di forza lavoro, layout scadenti e sistemi informativi obsoleti. Questi problemi sono esasperati nei centri logistici, che tendono a elaborare un gran numero di piccoli pacchi e un vasto assortimento di articoli mentre devono affrontare tempi di consegna stretti, per esempio una consegna il giorno successivo o anche lo stesso giorno, e richieste altamente differenziate. Varie applicazioni di intelligenza artificiale sono in fase di sviluppo per affrontare questi problemi, tra cui il picking assistito da veicoli a guida automatica (AGV), i robot per lo spostamento degli scaffali e lo stoccaggio a scaffali misti.

Questo studio esamina come queste e altre applicazioni di intelligenza artificiale siano state gestite con successo insieme ad altre risorse umane e organizzative, correlate per migliorare l'efficienza operativa e l'accuratezza degli ordini presso lo Smart Warehouse di Alibaba.

La prospettiva della gestione delle risorse è appropriata e preziosa per questo caso di studio per tre ragioni. In primo luogo, le risorse sono comunemente considerate una componente fondamentale della gestione del magazzino. Questa prospettiva teorica ci consente di identificare non solo risorse significative per l'applicazione dell'IA nella gestione del magazzino, ma anche come dovrebbero essere organizzate. In secondo luogo, ricercatori e professionisti sono stati molto interessati alle diverse capacità dell'IA di intraprendere compiti complessi. Questa prospettiva teorica aiuta a dirigere l'attenzione su questioni relative al processo, come quelle riguardanti il processo di sviluppo delle capacità. In terzo luogo, con questa prospettiva teorica ci orienta verso la comprensione dell'impatto dell'orchestrazione delle risorse sui risultati organizzativi, come la performance, l'innovazione e creazione di valore. Comprendere questo impatto consentirà di identificare i risultati abilitati dall'intelligenza artificiale nelle applicazioni di magazzino.

L'obiettivo dell'IA è "comprendere il fenomeno dell'intelligenza umana e progettare sistemi informatici in grado di imitare i modelli comportamentali umani e creare conoscenze rilevanti per la risoluzione dei problemi". L'intelligenza artificiale ha anche il potenziale per superare i limiti intellettuali e fisici degli esseri umani, aprendo una varietà di opportunità applicative con impatti significativi sulla produttività e sulle prestazioni. I vantaggi aziendali attesi dell'IA includono l'ottimizzazione delle operazioni aziendali interne, prendere decisioni migliori, migliorare i prodotti esistenti, liberare i lavoratori per un lavoro più creativo, creare nuovi prodotti e perseguire nuovi mercati. Più in generale, l'IA genera valore

aziendale in tre modi principali: automatizzando i processi, creando intuizioni innovative e coinvolgendo le parti interessate nei processi aziendali

2.1 Orchestrazione delle risorse nello Smart Warehouse di Alibaba

Questo caso di studio si concentra sullo Smart Warehouse di Alibaba situato a Tianjin, in Cina. Questo magazzino funge da centro logistico per l'e-commerce per il supermercato Tmall di Alibaba, una piattaforma online che vende cibo, bevande, prodotti per la casa e prodotti di bellezza di marchi locali e internazionali. Il mega centro logistico occupa più di 80.000 metri quadrati. Le applicazioni di intelligenza artificiale presso il centro logistico hanno ridotto significativamente il lavoro del 70% e hanno contribuito a realizzare la consegna il giorno successivo e lo stesso giorno ai clienti.

Il centro di distribuzione dell'e-commerce è stato costruito nel 2014 per supportare Alibaba nel conquistare il mercato di milioni di consumatori nella megalopoli di Pechino-Tianjin-Hebei che abbracciano lo shopping online. Quando i consumatori hanno iniziato a utilizzare lo shopping online per gli articoli di uso quotidiano, è emersa la domanda di consegne a domicilio affidabili il giorno successivo o addirittura lo stesso giorno, diventando un elemento di differenziazione fondamentale che distingueva le piattaforme di e-commerce concorrenti. Il responsabile del centro logistico ha evidenziato le principali sfide nell'offrire consegne rapide: *“Il numero di ordini ricevuti è aumentato notevolmente, raggiungendo i 150mila ordini al giorno. Per soddisfare la crescente esigenza di merci diversificate, abbiamo dovuto aumentare costantemente il numero di SKU [unità di stoccaggio] nel nostro magazzino intelligente. All'inizio avevamo circa 10mila SKU e ora il numero è aumentato a oltre 30mila. Questo trend di crescita e il mercato dinamico hanno portato una grande complessità alla previsione della domanda, alla pianificazione dell'inventario e al*

magazzinaggio. Ad esempio, con l'aumento del numero di SKU, lo spazio per l'archiviazione e il prelievo degli ordini doveva essere utilizzato in modo più efficiente. Anche il carico di lavoro dei lavoratori è aumentato, quindi abbiamo dovuto reclutare più lavoratori, il che si è aggiunto alla difficoltà e al costo della gestione delle risorse umane. Inoltre, non è stato facile assumere lavoratori date le dure condizioni di lavoro e l'elevata intensità di lavoro.”

Per affrontare queste sfide, Alibaba ha deciso di esplorare le applicazioni AI collaborando con ALOG, un fornitore di servizi logistici esperto in tecnologie avanzate, e MEGVII, uno sviluppatore di soluzioni AI ben noto per la sua tecnologia di riconoscimento visivo. Progressivamente, attraverso una trasformazione di quattro anni, il centro logistico ha abbracciato estese applicazioni di intelligenza artificiale per migliorare l'efficienza e l'efficacia dei processi aziendali chiave, come spiegato dal direttore delle operazioni: *“Ora abbiamo più di 500 robot che lavorano collettivamente nello Smart Warehouse. Le applicazioni di intelligenza artificiale hanno contribuito a ridurre la manodopera di oltre il 70% e hanno notevolmente aumentato la precisione del prelievo degli ordini. Di conseguenza, ora possiamo completare un processo di raccolta degli ordini entro tre minuti e consegnare la maggior parte degli ordini ai consumatori in modo accurato entro dodici ore.”*



Figura 2.1: robot in funzione nella movimentazione di ordini all'interno del magazzino di Alibaba

In questo caso di studio si è preso in considerazione solo alcuni processi, come lo stoccaggio merci, il prelievo degli ordini e l'imballaggio degli ordini, tralasciando, invece, altri processi che non usavano tecnologie di intelligenza artificiale.

2.1.1 Stoccaggio delle merci:

La principale applicazione AI per lo stoccaggio di merci inventariate dai fornitori di generi alimentari è il magazzino tridimensionale di automatizzazione (ATS). La differenza dai magazzini tradizionali, i quali dispongono di ampie corsie per la movimentazione manuale delle merci da parte di lavoratori umani e carrelli elevatori, l'ATS utilizza in modo più completo sia lo spazio terrestre che verticale, accede automaticamente alle merci senza intervento umano e organizza razionalmente le merci per massimizzare l'efficienza di accesso.

Le merci ricevute al magazzino di adempimento vengono collocate in un pallet e inviate all'ATS tramite un nastro trasportatore. Con sensori di peso, sensori di riconoscimento visivo e lettori di codici a barre installati all'ingresso del trasportatore, il peso totale, le dimensioni tridimensionali e l'identità del pallet vengono immediatamente identificati e aggiornati come dati di stock nel sistema di gestione del magazzino (WMS). La posizione più efficiente per lo stoccaggio del pallet viene quindi calcolata in base ai dati storici e il pallet viene inoltrato di conseguenza. Prevedendo la domanda di merci, il WMS può determinare la necessità di rifornimento e fornire istruzioni al sistema di controllo del magazzino (WCS). Insieme, il WMS e il WCS lavorano per guidare l'ATS nello stoccaggio e nel rifornimento delle merci per garantire un processo di prelievo degli ordini senza problemi.

Nel processo di stoccaggio delle merci, è stato introdotto l'ATS, sostituendo il magazzino manuale, per automatizzare il processo di stoccaggio. Per far funzionare efficacemente l'ATS, i dati di stock-in in tempo reale delle merci imballate devono essere raccolti automaticamente, tramite sensori e scanner, e sincronizzati con il WMS per un'analisi di controllo. Un operatore di Alibaba ha affermato: *“Prima di introdurre l'ATS, i lavoratori dovevano registrare manualmente le informazioni sulle merci in entrata per l'ulteriore immagazzinamento, il che richiedeva tempo ed era soggetto a errori. Ora, le tecnologie AI sono in grado di raccogliere le informazioni in modo semplice e istantaneo quando le merci entrano nell'ATS, determinandone automaticamente i tipi di merci immagazzinate e la quantità. I dati aggiuntivi acquisiti tramite sensori, come volume e peso, possono essere utilizzati anche per un'ulteriore pianificazione dello stoccaggio.”*

Supportato dalle tecnologie AI, è presente un cosiddetto "intelligent brain", ossia in italiano cervello intelligente, all'interno del centro di distribuzione, che è principalmente supportato da big data e algoritmi. Gli algoritmi vengono sviluppati e addestrati utilizzando i big data storici. Analizzando i big data in tempo reale, diversi algoritmi sono responsabili delle prestazioni operative del "cervello intelligente", comprese le attività di pianificazione, l'ottimizzazione dell'efficienza operativa delle macchine, il coordinamento delle macchine e degli esseri umani, la presa di decisioni autonome sulle operazioni complessive e la regolazione delle strategie operative basate su feedback in tempo reale. Di conseguenza, raggruppando le risorse di dati e algoritmi con le risorse di sistema, è stata sviluppata la capacità di analisi e previsione dell'andamento delle vendite e la conseguente capacità di pianificazione per il layout delle merci nell'ATS.

Il processo in un magazzino tradizionale era ad alta intensità umana, poiché i lavoratori umani erano gli unici responsabili della disposizione delle merci ricevute nel magazzino e della loro gestione per immagazzinarle e ritirarle per il successivo prelievo degli ordini. Nel processo convenzionale, la disposizione delle merci era più o meno basata sulla precedente esperienza e routine dei lavoratori. Tuttavia, nel centro di evasione ordini intelligente, con l'aiuto dell'IA, le capacità di intelligenza artificiale di nuova concezione, tra cui la capacità di percezione in tempo reale, la capacità di analisi e previsione e la capacità di pianificazione, migliorano collettivamente la capacità di organizzazione originale dei lavoratori umani.

2.1.2 Prelievo degli ordini:

Le principali applicazioni AI nel picking degli ordini sono gli AGV "order to man" (O2M), gli AGV "goods to man" (G2M) e gli AGV per carrelli elevatori. Non appena viene ricevuto un ordine, il WMS determina la scatola di imballaggio adatta in base ai dati di stock-in (ad es. Dimensioni 3D) e all'algoritmo di imballaggio. La scelta della scatola giusta aiuta a ridurre i costi preservando le risorse naturali. La scatola viene quindi prelevata manualmente da un operaio, che allega un codice a barre e la posiziona sulla scaffalatura tenuta da un AGV O2M. Questi robot si presentano come un grande aspirapolvere robotico dotato di Wi-Fi e funzioni di auto-ricarica. Inoltre, tali robot sono in grado di trasportare merci fino a 500 kg e di spostarsi a una velocità di 1,5m al secondo. Ognuno di questi robot può trasportare fino a 12 pacchi, e una volta completato il prelievo di tutti gli ordini, si dirigono automaticamente alla zona di imballaggio.



Figura 2.2: robot AGV order to man (O2M) in movimento dopo aver preso tutti gli ordini.

Nella prima zona opera un AGV O2M, dove le scatole degli ordini si avvicinano ai lavoratori che ritirano la merce da specifici scaffali organizzati adiacenti, secondo le istruzioni del loro assistente digitale personale. Le merci vengono stoccate in modo tale che quelle frequentemente acquistate insieme vengano immagazzinate vicine le une alle altre. Questo sistema riduce notevolmente le distanze che i lavoratori umani devono percorrere.

Le scatole degli ordini vengono quindi spostate nella seconda zona, dove vengono utilizzati gli AGV G2M. Le merci in questa zona vengono immagazzinate in scatole che vengono portate ai lavoratori in postazioni di lavoro fisse per il prelievo. Questo tipo di robot sembra simile ai robot O2M. Una differenza fondamentale è che un robot O2M gestisce un set fisso di scatole ordine, mentre un robot G2M gestisce scatole diverse contemporaneamente. Quando un robot O2M richiede un articolo nella seconda zona, un robot G2M recupera la scatola contenente l'articolo e la porta ad un lavoratore, che quindi preleva l'articolo e lo posiziona nella casella dell'ordine.

La terza zona contiene oggetti più grandi che vengono gestiti dagli AGV dei carrelli elevatori. Simili agli AGV G2M, questi robot spostano le merci richieste sulle stazioni di lavoro in modo che possano essere prelevate e collocate nelle caselle degli ordini pertinenti da parte dei lavoratori umani.

Tutti i robot nel processo di prelievo degli ordini utilizzano i dati in tempo reale raccolti dai sensori laser. Questi dati vengono analizzati dal WCS utilizzando un algoritmo di controllo del movimento robotico per manovrare intorno agli ostacoli fisici e coordinare diversi robot per evitare scontri e congestioni.

Nel processo di prelievo degli ordini, i robot sono integrati nel processo per gestire il carico di lavoro e migliorare l'efficienza. Oltre ai dati sulle merci e sugli ordini, le risorse dati si arricchiscono man mano che i dati di funzionamento vengono acquisiti, in tempo reale, dai sensori equipaggiati sui robot. Sulla base dell'integrazione di questi dati, diverse nuove risorse di algoritmi, per esempio, algoritmi di impacchettamento 3D, algoritmi di combinazione di onde d'ordine, algoritmi di pianificazione del percorso, algoritmi di pianificazione dei robot e algoritmi di controllo del movimento robotico, sono pionieri per assistere il funzionamento dei robot e la collaborazione tra robot e lavoratori umani.

Integrando le risorse dati e algoritmi con le risorse di sistema, come WMS e WCS, consente lo sviluppo di nuove capacità di intelligenza artificiale. Nello specifico, si sviluppa la capacità di analisi e previsione per classificare le merci in tre tipologie in base all'andamento delle vendite e per identificare le correlazioni di consumo. La classificazione si basa sui dati storici delle vendite e sugli algoritmi per la previsione delle vendite. Le merci di tipo A sono potenziali best seller, con un'alta probabilità di essere prelevati per gli ordini nel centro logistico. Le merci di tipo B hanno una probabilità di prelievo degli ordini relativamente

inferiore rispetto alle merci di tipo A. I prodotti di tipo C sono quelli con le vendite previste più basse. I risultati della classificazione nel sistema WMS guidano il layout delle merci per il prelievo. Di conseguenza viene sviluppata una capacità di pianificazione per la disposizione dei tre tipi di merci.

Inoltre, con gli algoritmi di combinazione degli ordini in arrivo e i dati degli ordini in tempo reale, nel WMS, gli ordini che potrebbero ottimizzare l'efficienza di prelievo e abbreviare il tempo di viaggio del robot O2M vengono assegnati nello stesso robot. Mentre combinando i dati degli ordini e delle merci con algoritmi di pianificazione del percorso, viene pianificato in anticipo anche il tratto di ciascun robot per il prelievo di articoli situati in luoghi diversi in modo da abbreviare, ulteriormente, i tempi di prelievo degli ordini.

Con l'aiuto dell'IA, è stata sviluppata e implementata in questo processo una nuova modalità di lavoro, incentrata sulla simbiosi uomo-robot. In primo luogo, le capacità di intelligenza artificiale generate, cioè la capacità di analisi, di previsione e di pianificazione, ottimizzando la realizzazione di un layout razionale ed altamente efficiente in base alla classificazione delle merci. In secondo luogo, con l'acquisizione delle capacità di organizzazione e controllo, si sono ottimizzate le capacità operative e di gestione degli operatori, consentendo una gestione e un funzionamento più fluido del centro logistico.

I robot IA assumono la maggior parte del lavoro di spostamento precedentemente eseguito da lavoratori umani. Le distanze percorribili a piedi dei lavoratori umani sono state ridotte al massimo, il che riduce il carico di lavoro delle risorse umane. Nel frattempo, invece di assegnare ai lavoratori la responsabilità complessiva per il prelievo degli ordini, l'intelligenza artificiale restringe notevolmente la gamma di selezione per i lavoratori e li guida a selezionare e prelevare articoli specifici per gli ordini, il che riduce anche il tasso di

errore delle risorse umane. Concludendo è possibile affermare che la cooperazione tra umani e robot consente a ciascuno di migliorare le capacità dell'altro, aumentando così l'efficienza di entrambi.

2.1.3 Imballaggio degli ordini

In questo processo, le scatole degli ordini con gli articoli prelevati vengono verificate e imballate. I lavoratori umani scansionano i codici a barre di ogni scatola dell'ordine e di tutti gli articoli all'interno per il confronto automatico e il controllo da parte del WMS. Il sistema avvisa il lavoratore umano di un potenziale errore quando viene rilevata una mancata corrispondenza in modo che qualsiasi errore possa essere corretto manualmente.

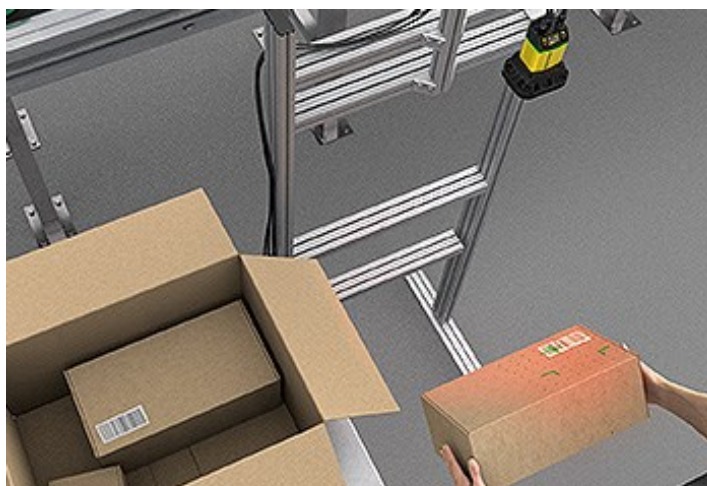


Figura 2.3: rappresentazione di un operatore che scannerizza il codice a barre di un articolo

Dopo aver confermato che l'ordine prelevato è corretto, il lavoratore umano confeziona la scatola dell'ordine seguendo le istruzioni di un algoritmo di imballaggio 3D. L'algoritmo aiuta a garantire che gli articoli siano imballati in modo sicuro e che lo spazio della scatola

sia utilizzato in modo ottimale. Ad esempio, l'algoritmo garantisce che gli elementi potenzialmente che perdono siano posizionati in basso, mentre gli elementi fragili siano posizionati in alto. Le scatole imballate vengono quindi posizionate su un nastro trasportatore per la consegna in uscita.

Durante il processo di imballaggio dell'ordine, l'ordine prelevato viene ulteriormente esaminato e quindi imballato per la consegna in uscita. In questo processo, le risorse di dati, relativi a ordini e ad articoli prelevati, e le risorse di sistema, ovvero il WMS, vengono sfruttate per sviluppare la capacità di analisi, in base alla quale i dati correlati vengono confrontati per verificare l'accuratezza del prelievo ordine.

In questo processo, gli ordini raccolti vengono esaminati e imballati. La capacità di analisi di IA confronta i dati sugli ordini e sugli articoli prelevati per guidare la capacità di controllo degli addetti all'imballaggio e per garantire l'accuratezza degli ordini. Nel frattempo, la capacità di pianificazione basata su algoritmi di imballaggio 3D e dati correlati, guida anche la capacità di imballaggio dei lavoratori per imballare razionalmente gli articoli nelle scatole degli ordini. Un addetto all'imballaggio nel centro logistico ha spiegato: *“Quando controllo un ordine prelevato, devo solo scansionare gli articoli in esso contenuti e il computer (sistema abilitato IA) mi aiuta automaticamente a verificare se corrisponde all'ordine. Se è sbagliato, sullo schermo viene visualizzato un avviso. Quindi, lo segnalo e consegno la scatola ai miei colleghi per un'ulteriore elaborazione. Se è corretto, sullo schermo viene visualizzata un'immagine 3D che mostra le posizioni simulate di tutti gli articoli nella scatola, in base alla quale posso finire di imballare gli articoli nella scatola dell'ordine in un tempo molto breve.”*

Nel processo di confezionamento dell'ordine, l'IA trasforma il processo di confezionamento. Il WMS abilitato all'intelligenza artificiale ha trasformato la fase di controllo in modo che i lavoratori umani si concentrino sulla correzione degli errori piuttosto che sul controllo. Inoltre, il WMS aiuta gli operatori del centro logistico a identificare i collegamenti errati e possono risolvere i problemi per garantire il buon funzionamento del centro logistico. A loro volta, i dati sugli errori riportati aiutano a ottimizzare le risorse dell'algoritmo, le risorse di sistema, le risorse della struttura / robot e le risorse umane per rendere il centro logistico più intelligente. Le applicazioni di intelligenza artificiale hanno anche trasformato l'imballaggio per consentire a qualsiasi lavoratore, non solo a chi ha esperienza, di imballare correttamente e in sicurezza seguendo un metodo razionalizzato.

2.1.4 Analisi del caso di studio

Questo caso di studio rileva che la relazione AI-uomo al lavoro può essere una relazione di coevoluzione. Nello specifico, nell'imballaggio degli ordini, mentre l'intelligenza artificiale migliora le capacità di controllo e imballaggio dei lavoratori umani, i lavoratori umani forniscono un feedback costante sugli errori, il che aiuta a migliorare l'accuratezza del sistema di intelligenza artificiale e, di conseguenza, maggiori ordini vengono gestiti. Nel tempo, sia l'IA che le risorse umane migliorano in termini di capacità, di risoluzione dei problemi e apprendimento. A sua volta, questa coevoluzione migliora l'efficienza e l'efficacia delle operazioni da svolgere. Per quanto riguarda il lavoro, invece di competere, si completano e si rafforzano a vicenda e sviluppano capacità più forti man mano che acquisiscono esperienza lavorando l'uno con l'altro.



Figura 2.4: cooperazione uomo-robot

Nel caso dello Smart Warehouse di Alibaba, le capacità di intelligenza artificiale si sviluppano coordinando l'IA e altre risorse correlate, portando all'automazione del processo di stoccaggio delle merci. Questa automazione migliora l'efficienza in termini di utilizzo dello spazio, manodopera umana, rischi di incidenti e infortuni e ottimizzazione delle strutture di magazzino. Le capacità che coinvolgono il lavoro umano sono particolarmente preziose, poiché il settore dello stoccaggio tende a registrare un elevato ricambio e sta attirando un maggiore controllo dal punto di vista dei diritti del lavoro. Inoltre, le funzionalità dell'IA, come la previsione e la decisione, aumentano il processo di prelievo degli ordini, il che aumenta l'efficacia riducendo il carico di lavoro, minimizzando gli errori e massimizzando l'utilità dei robot. Più in generale, l'automazione e il rafforzamento liberano i lavoratori umani da compiti semplici e ripetitivi e li spostano verso altre attività, concentrandosi su compiti più sofisticati e creativi. Oltre a ciò, la coevoluzione delle capacità di intelligenza artificiale e delle capacità umane trasforma il processo di imballaggio degli ordini, migliorando il metodo di imballaggio in modo tale che anche i lavoratori meno esperti siano in grado di compiere tale compito in modo ottimale.

Per concludere questa analisi, possiamo affermare che, le applicazioni IA creano valore aziendale in termini di efficienza, come per esempio l'ottimizzazione dello spazio e la produttività del lavoro, ed efficacia, come la minimizzazione degli errori, andando a automatizzare, aumentare e a trasformare i processi aziendali chiave.

3 CAPITOLO: CONCLUSIONI

Il presente e il futuro della IoT vedono le cose intelligenti usare l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico per interagire in modo più evoluto e funzionale con le persone e l'ambiente. Oggi ci sono cose che non esisterebbero senza l'intelligenza artificiale ma esistono anche tante cose non intelligenti che lo possono diventare integrando una componente di AI. Anche questa, infatti, è una deriva tecnologica dell'Internet of Things. Gli oggetti intelligenti, infatti, operano in modo semiautonoma o autonomo in un ambiente non supervisionato, in un arco determinato di tempo per portare a termine un compito particolare. In questo documento abbiamo visto come attraverso l'utilizzo dell'Internet of Things un'azienda può migliorare in modo significativo la propria efficienza ed efficacia, diminuendo i costi, i tempi, gli errori umani. Nel settore della logistica in cui avere una visione completa di cosa sta succedendo all'interno del magazzino è fondamentale, la possibilità di utilizzare tecnologie IoT garantisce enormi vantaggi, in quanto ci dà la possibilità, ad esempio, di effettuare una gestione efficace dell'inventario ed effettuare previsioni sugli ordini futuri. Inoltre, l'Internet of Things aiuta le aziende a soddisfare, come mai era stato fatto prima, quelle che sono le esigenze dei propri clienti e ad adattarsi rapidamente alle nuove richieste di mercato, che giorno dopo giorno cambiano. Ovviamente, come visto anche nel caso di studio affrontato, l'utilizzo delle nuove tecnologie intelligenti

è ancora ad uno stadio che possiamo definire quasi “embrionale” e nonostante ciò ha già praticamente rivoluzionato l’industria, nei suoi vari rami, e non solo. Perciò, non ci resta che aspettare e lasciare che la ricerca faccia il suo percorso, perché è facile intuire come ci sia ancora molto da scoprire.

4 SITOGRAFIA

- P. Todorovich, L'Internet delle cose (IoT): cos'è e come rivoluzionerà prodotti e servizi, Internet4Things, 2021.
- M. Bellini, IoT (Internet of Things): cos'è, come funziona ed esempi, Internet4Things, 2020.
- Digiteum Team, Internet of Things for Smart Warehouses, Digiteum, 2019.
- Internet of Things e logistica, HemanGroup.
- M. Ciceri, Magazzino che cambia e nuova supply chain, Soiel International, 2019.
- Redazione Trasporto Europa, Logistica entra nell'Internet delle cose, Trasporto Europa, 2019.
- L. Aldoriso, Amazon: La logistica del gigante, l'Industria Meccanica, 2016.
- L. Zanotti, Supply chain management: definizione e quali vantaggi porta all'azienda, NetworkDigital360, 2020.
- B. Sai SubrahmanyaTejesh, S.Neeraja, Warehouse inventory management system using IoT and open source framework, Alexandria Engineering Journal, ScienceDirect, 2018.
- DanZhang, L.G.Pee, LiliCui Artificial, intelligence in E-commerce fulfillment: A case study of resource orchestration at Alibaba's Smart Warehouse, International Journal of Information Management, ScienceDirect, 2021.
- Longfei He, Mei Xue, Bin Gu, Internet-of-things enabled supply chain planning and coordination with big data services, Journal of Management Science and Engineering, ScienceDirect, 2020.
- C. Chang, Improving Warehouse Inventory Management Using IoT, Leverage, 2019.

- Krishna, How IoT (Internet of Things) is Making Warehouses Smarter: A guide, Orderhive, 2020.
- WMS (Warehouse Management System), LogisticaEfficiente.
- Industria 4.0, Wikipedia.
- J. Condemì, Smart logistics: cos'è e quali sono le tecnologie della logistica 4.0, Internet4Things, 2021.
- Smart Manufacturing: tecnologie abilitanti e vantaggi di una strategia 4.0, Tenenga, 2019.
- F. Vergentini, Come gestire un magazzino automatico, ACelli, 2019.